

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-345778
 (43)Date of publication of application : 14.12.2001

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
 H04B 7/08
 H04L 7/033

(21)Application number : 2000-169035

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 06.06.2000

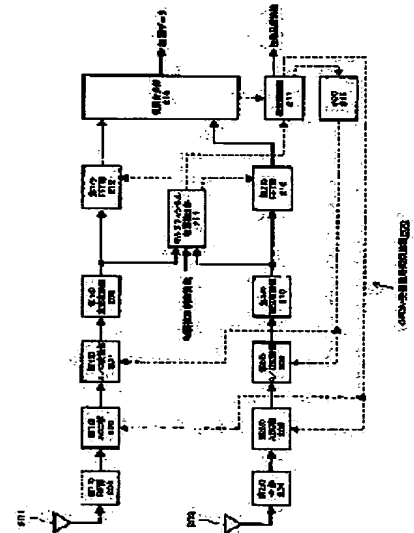
(72)Inventor : IWAKIRI NAOHIKO

(54) OFDM RECEPTION SIGNAL SYNCHRONIZING DEVICE USING DIVERSITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM diversity synchronizing/receiving device for efficient AGC of each reception system.

SOLUTION: With an OFDM receiving device, a transmission path characteristics, signal level fluctuation, and frequency deviation quantity of in-coming wave are assumed, based on correlation detection information of the in-coming wave received in a plurality of reception systems and an FFT window position detection information, and using the assumption result, feedback is made for one VCO so that a common reference clock is generated for a plurality of reception systems. Further, the assumption result is used to generate a single AGC control information, for efficient AGC of a plurality of reception systems.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-345778
(P2001-345778A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 B 7/08		H 0 4 B 7/08	D 5 K 0 4 7
H 0 4 L 7/033		H 0 4 L 7/02	B 5 K 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-169035 (P2000-169035)

(22) 出願日 平成12年6月6日 (2000. 6. 6)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 岩切 直彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100101801

弁理士 山田 英治 (外2名)

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD33 DD34
DD42

5K047 AA03 BB01 CC01 HH03 HH15

JJ06 KK03 KK13 MM13 MM45

NN49 NN62

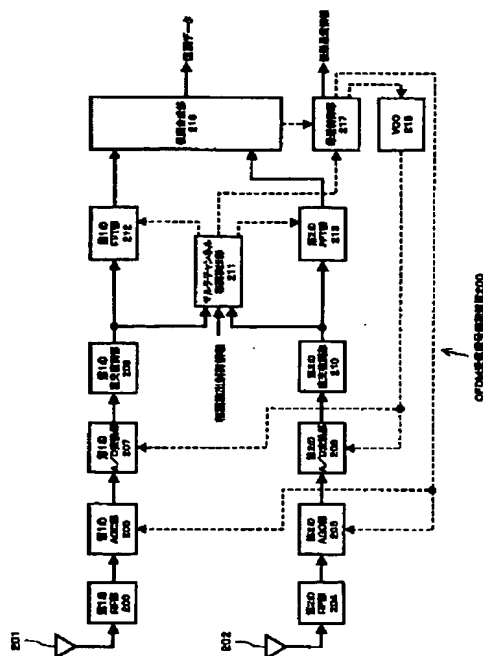
5K059 CC03 CC06 DD32 DD35 EE02

(54) 【発明の名称】 ダイバーシティを用いたOFDM受信信号同期装置

(57) 【要約】

【課題】 各受信システムのAGCを効率的に行うことができるOFDMダイバーシティ合成受信装置を提供する。

【解決手段】 OFDM受信装置において複数の受信システムで受信した到来波の相関検出情報とFFTウィンドウ位置検出情報を基に到来波の伝送路特性、それぞれの到来波の信号レベル変動と周波数偏差量を推定し、その推定結果を用いて1つのVCOに対してフィードバックを行い、複数の受信システムに対する共通の基準クロックを生成する。さらに、該推定結果を用いて1つのAGC制御情報を生成して、複数の受信システムのAGCを効率的に行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のOFDM（直交周波数多重分割）信号を受信するダイバーシティを使用するOFDM受信信号同期装置であって、

受信アンテナと、該受信アンテナを介して受信した信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートするRF部と、該ダウンコンバートされたアナログ・ベースバンド信号の信号レベルを制御するAGC（自動利得調整）部と、基準クロックを基にアナログ信号をA/D変換するデジタル変換部と、A/D変換されたデジタル信号を複素デジタル信号に変換する直交復調部と、FFTウィンドウ・タイミングに従ってOFDMシンボル1周期分のフーリエ変換を行ってOFDMサブキャリア毎の複素デジタル信号を求めるFFT部とをそれぞれ含む複数の受信系統と、

各受信系統からの複素デジタル信号について、ガード・インターバル部分の信号を使用して相関計算を行い、相関電力の測定を行い、FFTウィンドウ・タイミングと相関検出情報の検出を行うマルチチャンネル相関検出部と、

各受信系統についてのフーリエ変換されたOFDMサブキャリア毎の複素デジタル信号の復調と、ダイバーシティ合成と、検波情報の検出を行う復調合成部と、基準クロックを発生して、各受信系統のA/D変換部に対して共通の基準クロックを供給するクロック発振部と、

前記マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基にクロック発振制御情報とAGC制御情報を決定して前記クロック発振部及び前記AGC部の各々に出力する帰還制御部と、を具備することを特徴とするダイバーシティを用いたOFDM受信信号同期装置。

【請求項2】前記帰還制御部は、前記マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行い、該比較結果を基に各受信系統において受信した信号の伝送路状況と同期安定性の推定を行い、安定した受信系統があると判断したときは該受信系統を基準にフィードバック情報を生成して、安定した受信系統がないと判断したときは安定した受信系統が出現するまでフィードバック・ループのループ・ゲインが下がるようにフィードバック情報を生成することを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティを用いたOFDM受信信号同期装置。

【請求項3】前記復調合成部は、OFDMサブキャリアの検波が同期検波の場合には、対応する再生搬送波から求めた電力を検波情報として遅延検波を行っているときはOFDMサブキャリア毎の信号電力を検波情報として随時切り替えるように出力することを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティを用いたOFDM受信信号同

期装置。

【請求項4】前記帰還制御部は、マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行い、推定した各受信系統の伝送路状況と同期安定性から伝送路状況を決定して伝送路情報として出力することを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティを用いたOFDM受信信号同期装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されたOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重）方式の受信信号同期装置に係り、特に、信号間の相関が小さくなるように配置された複数のアンテナで受信した信号を用いるダイバーシティ受信を行うOFDM方式受信信号同期装置に関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、複数の受信系統の同期保持を行うOFDMダイバーシティ受信信号同期装置に係り、特に、各受信系統のAGC（自動利得調整）を効率的に行うOFDMダイバーシティ受信信号同期装置に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、携帯電話や車載電話など移动通信の普及と需要が目覚しく進展している。今や誰もが移动通信機器を使用し、社会生活上の必需品として認知されつつある。

【0004】移動伝搬環境で無線伝送を行う場合、フェージングによる伝送品質の劣化が特に問題となる。

【0005】無線伝送の高速化・高品質化を実現する技術として「OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重）方式」が期待されている。OFDM方式とは、マルチキャリア（多重搬送波）伝送方式の一種で、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されている。情報伝送の一例は、シリアルで送られてきた情報を情報伝送レートより遅いシンボル周期毎にシリアル/パラレル変換して出力される複数のデータを各キャリアに割り当ててキャリア毎に変調を行い、その複数キャリアについて逆FFTを行うことで周波数軸での各キャリアの直交性を保持したまま時間軸の信号に変換して送信する。例えば、各キャリアはBPSK（Binary Phase Shift Keying）変調を行うとして情報伝送速度の256分の1のシンボル周期でシリアル/パラレル変換するとキャリア総数は256となり、逆FFTは256キャリアについて行うことになる。復調はこの逆の操作、すなわちFFTを行なって時間軸の信号を周波数軸の信号に変換して各キャリアについてそれぞれの変調方式に対応した復調を行い、パラレル/シリアル変換して元のシリ

アル信号で送られた情報を再生するといったことで行なわれる。OFDM伝送方式は、遅延波があっても良好な伝送特性を有することが実験で確かめられている。

【0006】OFDM方式による伝送は、同じ伝送容量のシングルキャリア伝送方式に比べ、1シンボル周期が長くなるので、到来波の遅延時間差が大きなマルチパス・フェージングや選択性フェージングに対する耐フェージング特性が強いという特徴がある。しかしながら、到来波の遅延時間差が比較的小さなフラット・フェージングに対する耐フェージング特性は強いとはいえない。

【0007】フラット・フェージングに対する有効な対策としては、信号間の相関が小さくなるように配置された複数のアンテナで受信した信号を用いる「ダイバーシティ (diversity) 受信」が有効であることが知られている。ダイバーシティ受信には、複数の受信信号のうち最も信号電力が強い受信信号を選択的に使用する「選択的ダイバーシティ」と、複数の受信信号をそれぞれ復調してその最大比合成をとる「最大比合成ダイバーシティ」が挙げられる。

【0008】ところで、単一の受信機に複数の受信系統を搭載する場合、同期の問題がある。すなわち、ダイバーシティ受信を行う際、各受信系統毎に独立して到来波を受信している場合の同期保持は、それぞれの到来波に対して追従できるように各受信系統毎に独立してVCO (電圧制御発振回路) を配置して、各受信系統毎に独立して制御を行うことが好ましい。

【0009】しかしながら、1つの受信機に複数のVCOを備えることは、回路規模、不要輻射、信号制御などの点から望ましくない。

【0010】また、複数の受信系統でそれぞれ独立して到来波を受信している場合、各到来波の信号レベル、周波数変動も異なるので、A/D変換部入力でそれぞれに最適なダイナミック・レンジが得られるようにするには、A/D変換前の信号レベルに対して適切なAGC (Automatic Gain Control: 自動利得調整) を行う必要がある。

【0011】しかしながら、ダイバーシティ合成を行う際、複数の受信系統がそれぞれ独立してAGCを行うと、アンテナ端での到来波の受信信号レベル比が変わってしまう。すなわち、各受信系統毎にAGCを行うことは好ましくない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されたOFDM方式の優れた受信信号同期装置を提供することにある。

【0013】本発明の更なる目的は、信号間の相関が小さくなるように配置された複数のアンテナからの受信信号を用いるダイバーシティ受信を行う優れたOFDM方式受信信号同期装置を提供することにある。

【0014】本発明の更なる目的は、複数の受信系統の同期保持を好適に行うことができる、優れたOFDMダイバーシティ受信信号同期装置を提供することにある。

【0015】本発明の更なる目的は、各受信系統のAGC (自動利得調整) を効率的に行うことができる、優れたOFDMダイバーシティ受信信号同期装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を参照してなされたものであり、複数のOFDM (直交周波数多重分割) 信号を受信するダイバーシティを使用するOFDM受信信号同期装置であって、受信アンテナと、該受信アンテナを介して受信した信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートするRF部と、該ダウンコンバートされたアナログ・ベースバンド信号の信号レベルを制御するAGC (自動利得調整) 部と、基準クロックを基にアナログ信号をA/D変換するディジタル変換部と、A/D変換されたディジタル信号を複素ディジタル信号に変換する直交復調部と、FFTウィンドウ・タイミングに従ってOFDMシンボル1周期分のフーリエ変換を行ってOFDMサブキャリア毎の複素ディジタル信号を求めるFFT部とをそれぞれ含む複数の受信系統と、各受信系統からの複素ディジタル信号について、ガード・インターバル部分の信号を使用して相関計算を行い、相関電力の測定を行い、FFTウィンドウ・タイミングと相関検出情報の検出を行うマルチチャンネル相関検出部と、各受信系統についてのフーリエ変換されたOFDMサブキャリア毎の複素ディジタル信号の復調と、ダイバーシティ合成と、検波情報の検出を行う復調合成部と、基準クロックを発生して、各受信系統のA/D変換部に対して共通の基準クロックを供給するクロック発振部と、前記マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基にクロック発振制御情報とAGC制御情報を決定して前記クロック発振部及び前記AGC部の各々に出力する帰還制御部と、を具備することを特徴とするダイバーシティを用いたOFDM受信信号同期装置である。

【0017】前記帰還制御部は、前記マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行い、該比較結果を基に各受信系統において受信した信号の伝送路状況と同期安定性の推定を行うようにしてもよい。このような場合、安定した受信系統があると判断したときは該受信系統を基準にフィードバック情報を生成して、安定した受信系統がないと判断したときは安定した受信系統が出現するまでフィードバック・ループのループ・ゲインが下がるようにフィードバック情報を生成することができる。

【0018】また、前記復調合成部は、OFDMサブキ

キャリアの検波が同期検波の場合には、対応する再生搬送波から求めた電力を検波情報として遅延検波を行っているときはOFDMサブキャリア毎の信号電力を検波情報として随時切り替えるように出力するようにしてもよい。

【0019】また、前記帰還制御部は、マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と前記復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行い、推定した各受信系統の伝送路状況と同期安定性から伝送路状況を決定して伝送路情報として出力するようにしてもよい。

【0020】

【作用】本発明に係るOFDM受信信号同期装置は、複数の受信アンテナすなわち複数の受信系統を備えている。各受信系統は、受信アンテナの受信信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートするRF部と、ダウンコンバートされたアナログ受信信号の信号レベルを制御するAGC部と、アナログ信号をデジタル信号にA/D変換するデジタル変換部と、A/D変換された信号を複素デジタル信号に変換する直交復調部とで構成される。

【0021】マルチチャンネル相関検出部は、各受信系統からの複素デジタル信号について、ガード・インターバル部分の信号を使用して相関計算を行い、相関電力の測定を行い、FFTウィンドウ・タイミングと相関検出情報の検出を行う。

【0022】各受信系統毎に配置されたFFT部は、FFTウィンドウ・タイミングに従って、ofdmシンボル1周期分の複素デジタル信号についてフーリエ変換を行い、OFDMサブキャリア毎の複素シンボルを生成する。

【0023】復調合成部は、フーリエ変換されたOFDMサブキャリア毎の複素デジタル信号の復調と、ダイバーシティ合成と、検波情報の検出を行う。

【0024】帰還制御部は、マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と復調合成部から供給される検波情報を基に、VCO制御情報とAGC制御情報を決定して、VCO並びにAGC部のそれぞれに出力する。VCOは、VCO制御情報に従って基準クロックを発生する。

【0025】各受信系統において、RF部は、受信アンテナで受信された信号をアナログのベースバンド信号に変換し、AGC部は帰還制御部から供給される共通のAGC制御情報に従ってアナログのベースバンド信号レベルの増幅を行う。また、デジタル変換部は、VCOから供給される共通の基準クロックを基にアナログのベースバンド信号をデジタル信号に変換し、直交復調部は、ベースバンド複素デジタル信号を生成する。

【0026】マルチチャンネル相関検出部は、ベースバンド複素デジタル信号の相関検出を行って、FFTウ

ィンドウ・タイミング位置をFFTウィンドウ情報としてFFT部に出力するとともに、相関信号のピーク本数、そのピーク電力、FFTウィンドウ・タイミング位置やウィンドウ位置変更量といった相関検出情報を帰還制御部に出力する。

【0027】各FFT部では、マルチチャンネル相関検出部から供給されるFFTウィンドウ情報に従って、OFDMシンボル1周期分の複素デジタル信号についてフーリエ変換を行って、OFDMサブキャリア毎の複素シンボルを出力する。

【0028】復調合成部では、OFDMサブキャリア毎の複素シンボルの検波とダイバーシティ合成を行って、サブキャリア毎の信号電力といった検波情報を帰還制御部に出力する。

【0029】帰還制御部では、相関検出情報と検波情報を基に、相関信号のピーク本数、ピーク電力と、サブキャリア毎の電力、ウィンドウ位置の変更について、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行う。そして、該比較結果を基に、各受信系統において受信した信号の伝送路状況と同期安定性の推定を行い、すべての受信系統に共通のAGC制御情報とVCO制御といったフィードバック情報の設定を行う。

【0030】本発明に係るOFDM受信信号同期装置では、受信装置に配置された単一のVCOが、フィードバック情報として受け取ったVCO制御情報に従って基準クロックを発生して、各受信系統毎に配置されたデジタル変換部に共通の基準クロックを供給するようになっている。また、各受信系統毎に配置されたAGC部は、共通のAGC制御情報に従ってダウンコンバートされたアナログ受信信号の信号レベルを制御するようになっている。

【0031】したがって、本発明に係るOFDM受信信号同期装置によれば、単一のVCOを複数の受信系統における基準クロックとしてフィードバック・ループを確立することができるので、各受信系統におけるAGC部を共通のAGC制御情報を以て制御することができ、各受信信号間の相関関係を保持したままダイバーシティ合成を行うことができるようになり、単一のVCOが発生する共通のクロックで同期保持を実現することができる。

【0032】また、帰還制御部は、マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行うようになっている。該比較結果を基に伝送路状況と同期安定性の推定を行っている間、安定した受信系統があると判断したときは該受信系統を基準にフィードバック情報を生成して、安定した受信系統がないと判断したときは安定した受信系統が出現するまでフィードバック・ループのループ・ゲインが下がるようにフィードバック情報を生成するようにしてもよい。こ

のような場合、複数の受信系統のうち、受信状態の悪い信号はフィードバック情報に反映されないようになり、また、すべての受信系統の受信状態が悪い場合には、フィードバック・ループの外乱による誤差を低減することができる。

【0033】また、復調合成部では、OFDMサブキャリアの検波が同期検波の場合には、対応する再生搬送波から求めた電力を検波情報として遅延検波を行っているときはOFDMサブキャリア毎の信号電力を検波情報として随時切り替えるように出力することで、信号フォーマットで変調方式が変更された場合に容易に対処することができる。

【0034】また、帰還制御部は、マルチチャンネル相関検出部から供給される相関検出情報と復調合成部から供給される検波情報を基に、あらかじめ設定された閾値との比較を随時行い、推定した各受信系統の伝送路状況と同期安定性から伝送路状況を決定して伝送路情報として出力し、同期の安定度情報や復調データの信頼度情報としてモニタすることができる。

【0035】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0036】

【発明の実施の形態】本実施例に係る選択ダイバーシティを用いたOFDM受信装置の説明を行う前に、OFDM信号を送信するOFDM送信装置100の概略構成について、図1を参照しながら説明しておく。

【0037】図1に示すように、OFDM送信装置100は、変調部101と、パイロット・シンボル挿入部102と、シリアル/パラレル変換部103と、IFFT部104と、ガード区間挿入部105と、アナログ変換部106と、送信RF部107と、送信アンテナ108と、送信制御部109とで構成される。

【0038】変調部101は、送信制御部109から供給される変調情報及びタイミングに従って入力データを変調処理して、変調シンボルをシリアルに出力する。

【0039】パイロット・シンボルを挿入する場合、パイロット・シンボル挿入部102は、送信制御部109から供給されるパイロット・シンボル挿入パターン及びタイミングに従って、既知のデータ系列をパイロット・シンボルとして変調シンボル系列に挿入する。

【0040】シリアル/パラレル変換部103は、送信制御部109から供給されるFFT（高速フーリエ変換）サイズ及びタイミングに従って、入力されたシリアル・データをFFTサイズ分だけパラレル・データに変換して、IFFT部104に出力する。

【0041】IFFT部104は、送信制御部109から供給されるFFTサイズ及びタイミングに従って、FFTサイズ分の逆FFTを行う。

【0042】ガード区間挿入部105は、送信制御部1

09から供給されるガード・インターバル・サイズ、ガード・バンド・サイズ、及びタイミングに従って、ガード・インターバルやガード・バンドなどのガード信号を挿入する。ガード・インターバル（信号の一部を繰り返し伝送する区間）は、ガード・インターバル・サイズ以下のマルチパス伝搬を吸収して、受信品質の致命的な劣化を防止する。

【0043】ガード信号が挿入されたデジタル送信信号は、アナログ変換部106において直交変調並びにD/A変換が施され、送信RF部107においてアップコンバートされて、送信アンテナ108から当該送信装置100外部に送信される。

【0044】本実施例に係るOFDMダイバーシティ受信信号同期装置は、例えば、図1に示すようなOFDM送信装置から送信されるOFDM信号を受信する際の同期を確立することができる。以下では、2本の受信アンテナすなわち2つの受信系統を備えるOFDMダイバーシティ受信信号同期装置を例にとって説明する。

【0045】図2には、本実施例に係るOFDM受信信号同期装置200の概略構成を示している。以下、同図を参照しながら説明する。該受信信号同期装置200は、アンテナから復調まで行う受信部を2系統備え、各受信系統独立にパイロット・シンボルから搬送波を再生して同期検波を行ない、それぞれの受信系統の復調シンボルについて等しいサブキャリア位相を持った復調シンボルについて最大比合成を行うといった最大比合成ダイバーシティOFDM受信信号に関する同期を行う装置である。

【0046】各RF部203及び204は、それぞれ受信アンテナ201及び202において受信した信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートする。

【0047】各AGC（Auto Gain Control：自動利得調整）部205及び206は、アナログ・ベースバンドのゲインが後続の各A/D変換部207及び208の入力として適性値になるように信号レベルの制御を行う。

【0048】各A/D変換部207及び208は、各AGC部205及び206から入力するアナログ・ベースバンド信号をVCO218から供給される基準クロックでサンプリングしてデジタル信号に変換する。

【0049】各直交復調部209及び210は、A/D変換されたデジタル信号をIch、Qchの複素デジタル信号に変換する。

【0050】マルチチャンネル相関検出部211は、各直交復調部209及び210から出力される複素デジタル信号について、相関検出制御情報に従って相関検出を行い、適切なFFTウィンドウ・タイミング並びに相関検出情報を検出する。

【0051】各FFT部212及び213は、それぞれの直交復調部209及び210から出力される複素ディ

デジタル信号について、OFDMシンボル1周期分の逆フーリエ変換された信号のフーリエ変換を行う。

【0052】復調合成部216は、2つの受信系統から入力するOFDMサブキャリア毎に振幅と位相の補正といった検波を行い、それぞれのサブキャリアの電力を測定し検波情報として出力し、さらにそれぞれのサブキャリア毎の電力比に応じた受信信号重み係数を決定して、それぞれ検波された軟判定復調シンボルとの乗算を行い、重み付けされたそれぞれの軟判定復調シンボルの最大比合成を行って、復調データを出力する。

【0053】帰還制御部217は、マルチチャンネル相関検出部211から供給される相関検出情報と、復調合成部216から供給される検波情報を基に、伝送路の推定を行い、伝送路状況に応じて同期保持時のVCO制御信号とAGC制御信号を決定して、VCO（電圧制御発振器）218、並びに各AGC部205及び206にそれぞれ出力する。

【0054】VCO218は、帰還制御部217から供給されるVCO制御情報に従ってクロック誤差量を算出して、各A/D変換部207及び208の基準クロックを発生する。

【0055】次いで、このOFDM受信信号同期装置200の動作特性について説明する。

【0056】各受信アンテナ201及び202において受信された信号は、それぞれRF部203及び204に入力されてアナログのベースバンド信号に変換され、各AGC部205及び206に入力される。

【0057】各AGC部205及び206は、帰還制御部217から供給されるAGC制御情報に従って、アナログ・ベースバンド信号の増幅を行う。各A/D変換部207及び208は、各AGC部205及び206から入力するアナログ・ベースバンド信号をVCO218から供給される基準クロックでサンプリングしてデジタル信号に変換する。各直交復調部209及び210は、ベースバンド複素デジタル信号を生成して、マルチチャンネル相関検出部211並びにFFT部212及び213にそれぞれ出力する。

【0058】マルチチャンネル相関検出部211は、各直交復調部209及び210から出力されるそれぞれのベースバンド複素デジタル信号について相関検出を行って、それぞれのFFTウィンドウ・タイミング位置をFFTウィンドウ情報として各FFT部212及び213に出力する。また、相関信号のピーク本数、該ピーク電力、FFTウィンドウ・タイミング位置やウィンドウ位置変更量といった検出結果を基に相関検出情報を検出して、帰還制御部217に出力する。

【0059】各FFT部212及び213は、マルチチャンネル相関制御部211から供給されるそれぞれのFFTウィンドウ情報に従って、OFDMシンボル1周期分のフーリエ変換を行って、OFDMサブキャリア毎の

複素シンボルを求めて、復調合成部216に出力する。

【0060】復調合成部216は、2つの受信系統から同じサブキャリア番号のOFDMサブキャリア毎に入力する複素シンボルについて、各受信系統独立にパイロット・シンボルから搬送波を再生して同期検波を行ない、軟判定シンボルを生成する。また、それぞれの受信系統についてサブキャリア毎に再生搬送波電力を求めた後、各受信系統で等しいサブキャリア位相を持つシンボルに対応するサブキャリア毎の再生搬送波信号電力比を求めて、それぞれの受信信号重み係数とする計算を行う。さらに、2つの受信系統の軟判定シンボルと対応する受信信号重み係数をそれぞれ乗算した後、加算して最大比合成を行い、この最大比合成複素デジタル信号について軟判定復調を行って、復調データとして出力する。

【0061】上述したようなデータ復調に関する信号処理を行っている間、帰還制御部217は、マルチチャンネル相関検出部211から供給される相関検出情報と、復調合成部216から供給される検波情報とから、マルチパス（多重反射電波伝搬）の本数とサブキャリア毎の電力について、あらかじめ設定された閾値との比較を行う。比較結果に従って、2つの受信系統でそれぞれ受信した信号の伝送路状況の推定とFFTウィンドウ先頭位置の変更情報を基に、同期安定性の推定を行って、これらの情報を基に送受信クロックの誤差量といったVCO制御情報の設定と、2つの受信系統におけるそれぞれのアナログ・ベースバンド信号について有効なダイバーシティ合成が行えるようなゲインといったAGC制御情報の設定を行い、AGC部205及び206、並びに、VCO218にフィードバックする。

【0062】図3には、マルチチャンネル相関検出部211の概略的な構成を示している。以下、同図を参照しながら説明する。

【0063】各遅延部301及び302は、相関検出制御部310から供給されるタイミング信号に従って、入力される複素デジタル信号をそれぞれ遅延させて、適切なタイミングで出力する。

【0064】各相関計算部303及び304は、相関検出制御部310から供給される相関タイミングに従って、各遅延部301及び302からそれぞれ出力される受信信号について相関電力を計算する。

【0065】各閾値比較部305及び306は、各相関計算部303及び304の相関計算結果と相関検出制御部310から供給される閾値との比較を行う。

【0066】各相関判定部307及び308は、相関検出制御部310から供給されるタイミング信号に従って、閾値比較部305及び306からそれぞれ入力する閾値比較結果とこれまでに記憶された閾値比較結果を基に、FFTウィンドウ・タイミングの検出を行って、それぞれのFFTウィンドウ検出成否と各ウィンドウ・タイミング情報と相関検出結果を出力する。

【0067】 相関検出情報生成部309は、それぞれの受信系統における相関検出結果から相関信号のピーク本数と、それぞれの相関ピーク電力の比較結果とウィンドウ検出情報、FFTウィンドウ・オフセット量を決定して、相関検出情報として出力する。

【0068】 相関検出制御部310は、初期同期並びに同期獲得後それぞれの過程における各ブロックのタイミング制御信号を生成する。

【0069】 次いで、図3のように構成されたマルチチャンネル相関検出部211の動作を、図4及び図5の各々に示す相関検出タイミング例に従って説明する。

【0070】 本実施例では、OFDM信号は、OFDMシンボル D_n と、OFDMシンボルの後半部分をガード区間として割り当てられた長さ分についてコピーしたガード・インターバル G_n で構成され、 G_n 、 D_n の順で伝送されるものとする（但し、 $n=1, 2, \dots$ ）。また、この例では、送受信間のクロック誤差、周波数オフセットはないものとする。

【0071】 図4には、到来波が直接波のみ又はフラット・フェージングの場合の相関検出例を示している。同図に示すように、直接波のみを受信する場合、各遅延部301及び302において既知のシンボル周期 T_s だけ遅延させる。

【0072】 各相関計算部303及び304は、相関検出制御部310から供給されるそれぞれの相関積分回数及び相関計算タイミングに従って、遅延されたそれぞれの複素デジタル信号と現時刻の複素デジタル信号の相関をとり、それぞれの相関データを計算する。

【0073】 各閾値比較部305及び306は、それぞれの相関計算部303及び304から出力される相関データを、相関検出制御情報に合わせてあらかじめ設定した閾値と比較して、それぞれの相関閾値比較データを求め、それぞれの相関検出結果から相関信号のピーク本数、相関電力のピーク電力の比較結果とFFTウィンドウ検出情報取った相関検出情報を検出する。FFTウィンドウ情報はFFT部212及び213に出力される。また、相関検出情報生成部では、それぞれの相関検出情報を統合して、相関検出情報として帰還制御部217に出力する。

【0074】 [a-2] は、相関積分回数が T_g に相当する時間を設定したときに受信信号の同期がとれた場合の相関検出信号のタイミングを示している。一度相関のデータのピークが検出されると、相関積分回数、相関計算タイミングを変更しない限り、OFDM信号1周期、すなわち $T_g + T_s$ の周期で相関ピークが検出されることを示している。

【0075】 [a-3] は、OFDM1周期で電力測定を行う場合の積分ダンプ・タイミングを示している。初期同期時の同期獲得情報、雑音や伝搬環境の変化などによる相関ピーク位置のずれ情報が相関判定情報になる。

【0076】 また、図5には、マルチパス又は選択性フェージングの場合の相関検出タイミング例を示している。但し、受信信号が直接波（D波）と遅延波（U波）からなる2波モデルとする。

【0077】 この場合、上述の相関検出タイミング例に従うと、相関検出結果は、[b-2] に示すようなD波に対応する成分と、[b-4] に示すようにU波に対応する成分を含み、[b-5] に示すようにこれら各成分を加算した形の相関検出信号が出力されることになる。

【0078】 [b-6] は、 $D/U=3\text{ dB}$ の場合におけるOFDM信号1周期で電力測定を行う場合の積分ダンプ・タイミングを示している。OFDM信号周期の先頭はD波とU波のうち相関検出信号の大きい方を基準に設定されることから、積分ダンプ・タイミングの先頭もこのタイミングと一致させている。

【0079】 図6には、復調合成部216の構成を概略的に示している。同図に示すように、復調合成部216は、検波部401及び402と、重み係数計算部403と、乗算部404及び405と、加算部406と、軟判定復調部407と、最大比合成軟判定復調制御部408とで構成される。

【0080】 各検波部401及び402は、各FFT部212及び213の出力であるそれぞれのOFDMサブキャリア毎の複素シンボルから、あらかじめ決まった位置に挿入されたパイロット・シンボルを抜き出して、OFDMサブキャリア毎の伝送路の振幅と位相誤差を推定して基準搬送波信号を生成し、情報データの送られたOFDMサブキャリアの同期検波を行い、軟判定復調シンボルを生成する。

【0081】 重み係数計算部403は、各検波部401及び402から出力されるそれぞれのOFDMサブキャリア毎の基準搬送波信号をサブキャリア毎に比較して電力比を求めて、それぞれの受信信号重み係数とする計算を行う。

【0082】 乗算部404及び405は、それぞれの軟判定復調シンボルと重み係数計算部403から供給される受信信号重み係数による乗算を、最大比合成軟判定復調制御部408から供給されるタイミングに従ってOFDMサブキャリア毎に行う。

【0083】 加算部406は、各乗算部404及び405の出力である重み付けされた2つの受信系統のOFDMサブキャリア毎の軟判定復調シンボルについて、サブキャリア位相を合わせて加算を行う。

【0084】 軟判定復調部407は、加算された最大比合成複素デジタル信号の軟判定復調をOFDMサブキャリア毎に行い、復調データとして出力する。

【0085】 最大比合成軟判定復調制御部408は、重み係数計算、最大比合成、並びに軟判定復調の各々に必要なタイミング制御信号を生成する。

【0086】 図7には、帰還制御部217の概略的な構

成を示している。同図に示すように、帰還制御部217は、伝送路推定部501と、VCO制御情報設定部502と、AGC制御情報設定部503と、帰還情報制御部504とで構成される。

【0087】伝送路推定部501は、マルチチャンネル相関検出部211から供給される相関検出情報と、復調合成部216から供給される検波情報とから、マルチパスの本数とサブキャリア毎の電力についてあらかじめ設定された閾値との比較を行い、2つの受信系統でそれぞれ受信した信号の伝送路状況がWGN (Wide Gaussian Noise)、フラット・フェージング、選択性フェージング、マルチパスいずれの伝送路に相当するかを推定したり、さらに、FFTウィンドウ先頭位置の周期変更情報を基に、同期安定性の推定を行う。

【0088】VCO制御情報設定部502は、伝送路推定部501で推定された伝送路状況と同期安定性ことから、送受信クロックの誤差量といったVCO制御情報の設定を行う。

【0089】AGC制御情報設定部503は、伝送路推定部501で推定された伝送路状況を基に、2つの受信系統におけるそれぞれのA/D変換部への入力信号のゲインを最適にするようなAGC制御情報の設定を行う。

【0090】以下では、図2に示すOFDM受信信号同期装置のタイミング制御について、図8-図10に示すFFTウィンドウ・タイミングを参照しながら説明する。

【0091】図8には、一方の受信アンテナ201で受信した受信系統のFFT部1(212)と、他方の受信アンテナ202で受信した受信系統のFFT部2(213)それぞれのウィンドウ・タイミングが等しい場合の例を示している。

【0092】[a-1]に示すように、FFT部212及び213の各々に入力するベースバンド複素デジタル信号のウィンドウ・タイミングは等しい。また、OFDM信号周期は、データ・シンボル長にガード・シンボル長を加えた値でTとしている。

【0093】[a-2]は、マルチチャンネル相関検出部211で検出されたウィンドウ・タイミングを示している。各FFT212及び213は、各ウィンドウc1, c2, …の先頭のタイミングからデータ・シンボル・サイズに相当するFFTサイズTs時間分のベースバンド複素デジタル信号についてフーリエ変換を行う。

【0094】図9には、一方の受信アンテナ201で受信した受信系統のFFT部1(212)と、他方の受信アンテナ202で受信した受信系統のFFT部2(213)それぞれのウィンドウ・タイミングが異なる場合の例を示している。但し、同図に示す例では、FFTウィンドウ先頭位置の変更はないものとする。

【0095】図8を参照しながら既に説明したのと同様に、FFT部212に関するベースバンド複素ディジ

タル信号並びにFFTウィンドウ・タイミングはそれぞれ[b-1]並びに[b-2]に示す通りである。また、FFT部213に関するベースバンド複素デジタル信号並びにFFTウィンドウ・タイミングはそれぞれ[b-3]並びに[b-4]に示す通りである。

【0096】[b-2]と[b-4]を比較して判るように、各受信系統では、FFTウィンドウの先頭タイミングが相違する。

【0097】また、図10には、一方の受信アンテナ201で受信した受信系統のFFT部1(212)と、他方の受信アンテナ202で受信した受信系統のFFT部2(213)それぞれのウィンドウ・タイミングが異なるとともにウィンドウ先頭位置の変更がある場合の例を示している。

【0098】図9を参照しながら既に説明したのと同様に、FFT部212に関するベースバンド複素デジタル信号並びにFFTウィンドウ・タイミングはそれぞれ[c-1]並びに[c-2]に示す通りである。また、FFT部213に関するベースバンド複素デジタル信号並びにFFTウィンドウ・タイミングはそれぞれ[c-3]並びに[c-4]に示す通りである。

【0099】図10において、FFT部212では、4番目のOFDM信号のガード・シンボルすなわちGa4においてFFTウィンドウ位置がこれまでの位置に比べてΔtaだけ遅れたことを示している。また、FFT部213は5番目のOFDM信号のガード・シンボルすなわちGa5においてFFTウィンドウ位置がこれまでの位置に比べてΔtbだけ遅れたことを示している。

【0100】図9に示す例の場合、各受信系統はそれぞれ異なる到来波を受信していることになる。また、図10に示す例では、各受信系統はそれぞれ異なる到来波を受信しているとともに、各到来波の周波数変動が異なることを示している。したがって、図10に示す例に対しては、単一のVCOのみで適切なフィードバックを実現するためには、VCO制御情報の最適化が必要となる。また、図9及び図10の場合、各受信系統で受信している到来波の信号レベル変動も異なるが、最適なダイバーシティ合成を行うには共通のAGC制御情報により最適化を図る必要がある。

【0101】図11には、図8-図10に示したようなFFTウィンドウ・タイミング例に基づき、複数の受信系統に対して1つのVCOで基準クロックを生成し、1つのAGC制御情報で各受信系統のAGCの制御を行うために帰還制御部217が行う制御手順をフローチャートの形式で示している。

【0102】図11に示す制御手順では、まず、マルチチャンネル相関検出部211から相関検出情報として供給されるFFTウィンドウ毎の相関検出位置数から、伝搬環境がWGN (Wide Gaussian Noise) 又はフラット・フェージングの場合と、マルチパス又は選択性フェー

ジングの場合に分類する。ここでの分類は、一般的に、前者の方が後者に比べてダイバーシティ利得が大きく、遅延時間差の小さい到来波のみを受信しているため周波数偏差が小さいという仮定に基づいている。さらに、サブキャリア毎のディップの位置とディップ数を推定してより詳細な分類を行い、VCO制御情報とAGC制御情報を求めることも実現可能である。

【0103】以下、図1.1に示すフローチャートに従って説明する。

【0104】初期同期を獲得した後、まず、マルチチャンネル相関検出部216で各受信信号についてOFDM信号周期で相関検出情報を求め、これを帰還制御部217に出力する(ステップS1)。

【0105】帰還情報制御部504は相関検出情報と電力閾値比較結果を受け取り(ステップS2)、一方の受信システムにおける受信信号1の相関検出位置数が1に等しいか否かをチェックする(ステップS3)。

【0106】受信信号1の相関検出位置数が1でない場合には、さらに、もう一方の受信システムにおける受信信号2の相関検出位置数が1に等しいか否かをチェックする(ステップS4)。

【0107】いずれの受信信号も相関検出位置数が1でない場合、各受信信号の伝搬環境はともにマルチパス、選択性フェージングと推定される(ステップS5)。この場合には、双方の受信信号で計算したVCO誤差量及びAGC誤差量を電力比とウィンドウ先頭位置変更回数で重み付けして、VCO制御情報とAGC制御情報を求める(ステップS6)。

【0108】また、受信信号1の相関検出位置数は1でないが受信信号2の相関検出位置数が1である場合、あるいは、受信信号2の相関検出位置数は1でないが受信信号1の相関検出位置数が1である場合には、各受信信号の伝搬環境は、一方がWGN又はフラット・フェージングであり、他方がマルチパス、選択性フェージングと推定される(ステップS7)。このような場合、さらに、各受信信号の相関検出位置が等しいか否かをチェックする(ステップS8)。

【0109】両受信信号の相関検出位置が等しくない場合には、各受信信号のOFDMサブキャリア電力の総和をとって、電力の大きい方を選択して基準受信信号とし、VCO制御情報とAGC制御情報を求める(ステップS9)。

【0110】また、両受信信号の相関検出位置が等しい場合には、各受信信号のOFDMサブキャリア電力の総和をとり、WGN又はフラット・フェージングである受信信号の方の電力が大きければ基準受信信号としてVCO制御情報とAGC制御情報を求める。また、そうでなければ、双方の受信信号で計算したVCO誤差量、AGC誤差量を電力比とウィンドウ先頭位置変更回数で重み付けして、VCO制御情報とAGC制御情報を求める

(ステップS10)。

【0111】また、各受信信号の相関検出位置がいずれも1である場合には(ステップS11)、各受信信号の伝搬環境はともにWGN又はフラット・フェージングと推定される(ステップS12)。このような場合、各受信信号のOFDMサブキャリア電力の総和をとり、電力の大きい方を選択して基準受信信号とし、VCO制御情報とAGC制御情報を求める(ステップS13)。

【0112】[追補] 以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0113】本明細書中では2本の受信アンテナを用いたOFDM選択ダイバーシティ合成受信装置を例に挙げて説明したが、3本以上の受信アンテナを用いた場合であっても、2本の受信アンテナによる電力測定タイミングを拡張して実現することができる。すなわち、図2に示す受信アンテナ、RF部、AGC部、デジタル変換部、直交復調部、FFT部、復調合成部内の検波部と乗算部、マルチチャンネル相関検出部の相関検出ブロックの各々を、受信アンテナに相当する数だけ備えるとともに、帰還制御部では2系統の場合におけるVCO制御量及びAGC制御量を決定するための処理手順(図1.1を参照のこと)を3本以上の場合に拡張して、相関検出情報とそれぞれの検波情報からVCO制御情報とAGC制御情報の適性値を求めることにより、単一のVCO制御、並びに、単一のAGC制御信号により、複数の受信システムのAGCを制御することで、本発明を実現することができる。

【0114】さらに、本実施例で説明したパイロット・シンボルを用いた同期検波だけでなく、差動符号を用いた遅延検波を用いた場合でも、重み係数の計算にサブキャリア毎の再生搬送波信号の代わりに検波時にOFDMサブキャリア毎の複素デジタル信号の電力を測定して検波情報として用いることで、本発明を実現することができる。

【0115】また、選択ダイバーシティ合成を行う場合であっても、復調後に受信信号の選択を行う場合は、最大比合成と同様に、相関検出情報と検波情報を用いることにより、本発明を実現することができる。また、復調前に受信信号の選択を行う場合には、相関検出情報のみを用いることにより、精度は低下するか、単一のVCO制御並びに単一のAGC制御信号により複数の受信システムにおけるAGCの制御を行うことが可能になる。

【0116】要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【0117】

【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、

各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されたOFDM方式の優れた受信信号同期装置を提供することができる。

【0118】また、本発明によれば、信号間の相関が小さくなるように配置された複数のアンテナからの受信信号を用いるダイバーシティ受信を行う優れたOFDM方式受信信号同期装置を提供することができる。

【0119】また、本発明によれば、複数の受信システムの同期保持を好適に行うことができる、優れたOFDMダイバーシティ受信信号同期装置を提供することができる。

【0120】また、本発明によれば、各受信システムのAGC（自動利得調整）を効率的に行うことができる、優れたOFDMダイバーシティ受信信号同期装置を提供することができる。

【0121】本発明に係るOFDM受信信号同期装置によれば、複数の受信システムで受信した到来波の相関検出情報とFFTウィンドウ位置検出情報を基に到来波の伝送路特性、それぞれの到来波の信号レベル変動と周波数偏差量を推定し、その推定結果を用いて1つのVCOに対してフィードバックを行い、複数の受信システムに対する共通の基準クロックを生成することができる。さらに、該推定結果を用いて1つのAGC制御情報を生成して、複数の受信システムのAGCを効率的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 OFDM信号を送信するOFDM送信装置100の概略構成を示した図である。

【図2】 本実施例に係るOFDM受信信号同期装置200の概略構成を示した図である。

【図3】 マルチチャネル相関検出部211の概略構成を示した図である。

【図4】 図3のように構成されたマルチチャネル相関検出部211の動作を示した相関検出タイミング例であり、より具体的には、直接波のみ又はフラット・フェージングの場合の相関検出タイミングを示した図である。

【図5】 図3のように構成されたマルチチャネル相関検出部211の動作を示した相関検出タイミング例であり、より具体的には、マルチパス（2波モデルD/U=3dB）の場合の相関検出タイミングを示した図である。

【図6】 復調合成部216の概略構成を示した図である。

【図7】 帰還制御部217の概略構成を示した図である。

【図8】 図2に示すOFDM受信信号同期装置におけるFFTウィンドウ・タイミング例を示した図であり、より具体的には、一方の受信アンテナ201で受信した受信システムのFFT部1（212）と、他方の受信アンテナ202で受信した受信システムのFFT部2（213）それ

ぞれのウィンドウ・タイミングが等しい場合の例を示した図である。

【図9】 図2に示すOFDM受信信号同期装置におけるFFTウィンドウ・タイミング例を示した図であり、より具体的には、一方の受信アンテナ201で受信した受信システムのFFT部1（212）と、他方の受信アンテナ202で受信した受信システムのFFT部2（213）それぞれのウィンドウ・タイミングが異なる場合の例を示した図である（但し、同図に示す例では、FFTウィンドウ先頭位置の変更はない）。

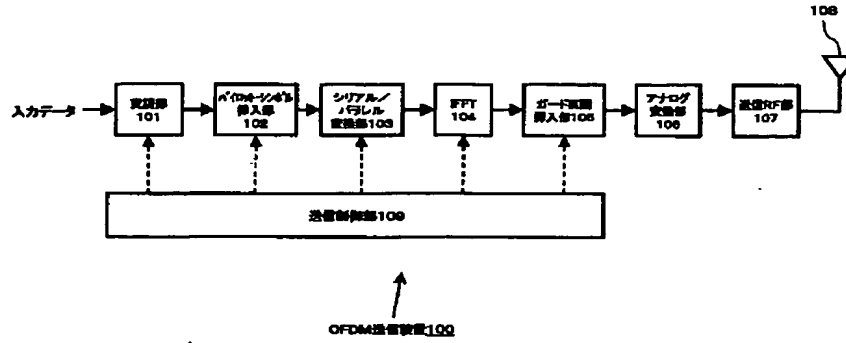
【図10】 図2に示すOFDM受信信号同期装置におけるFFTウィンドウ・タイミング例を示した図であり、より具体的には、一方の受信アンテナ201で受信した受信システムのFFT部1（212）と、他方の受信アンテナ202で受信した受信システムのFFT部2（213）それぞれのウィンドウ・タイミングが異なるとともにウィンドウ先頭位置の変更がある場合の例を示した図である。

【図11】 複数の受信システムに対して1つのVCOで基準クロックを生成し、1つのAGC制御情報で各受信システムのAGCの制御を行うために帰還制御部217が行う制御手順を示したフローチャートである。

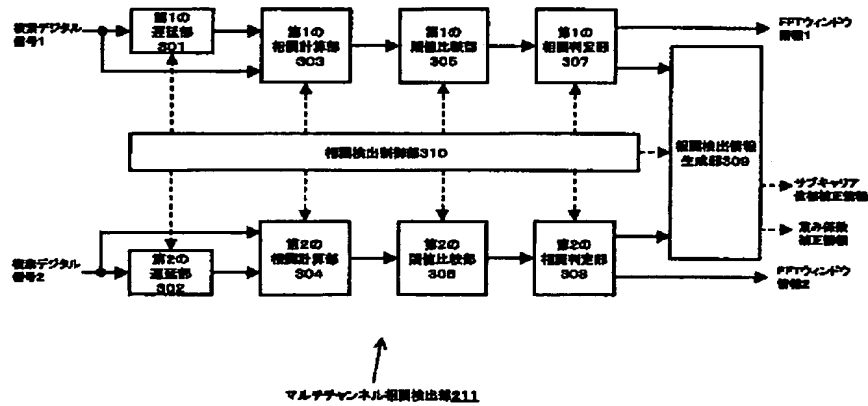
【符号の説明】

201, 202…受信アンテナ
203, 204…RF部
205, 206…AGC（自動利得調整）部
207, 208…A/D変換部
209, 210…直交復調部
211…マルチチャネル創刊検出部
212, 213…FFT部
216…復調合成部
217…帰還制御部
218…VCO（電圧制御発振器）
301, 302…遅延部
303, 304…相関計算部
305, 306…閾値比較部
307, 308…相関判定部
309…相関検出情報生成部
310…相関検出制御部
401, 402…検波部
403…重み係数計算部
404, 405…乗算部
406…加算部
407…軟判定復調部
408…最大比合成軟判定復調制御部
501…伝送路推定部
502…VCO制御情報設定部
503…AGC制御情報設定部
504…帰還情報制御部

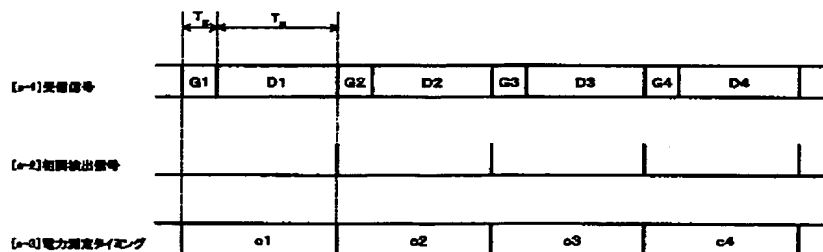
【図1】



【図3】

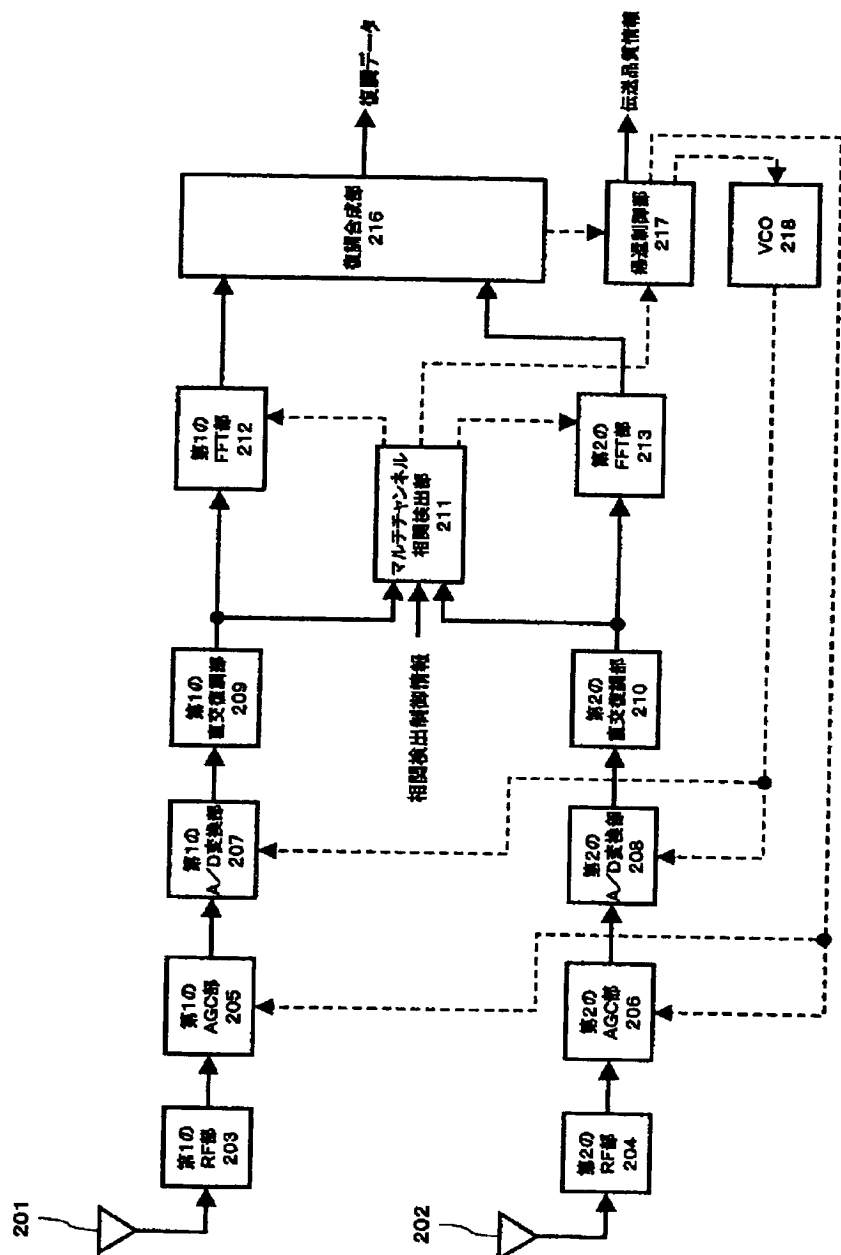


【図4】

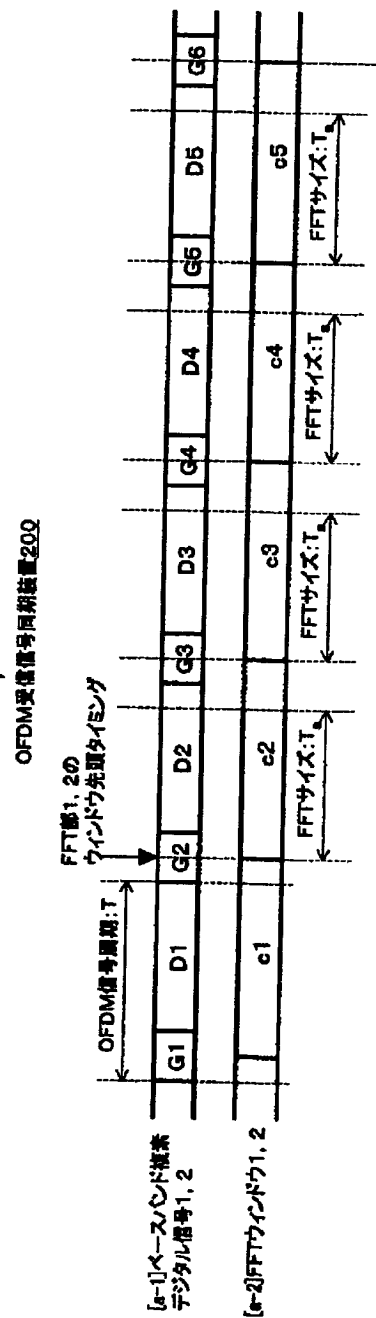


D_n : OFDMシンボル ($n=1, 2, \dots$)
 G_n : ガード・インターバル ($n=1, 2, \dots$)
 T_s : OFDMシンボル1周期 [sec]
 T_g : ガード・インターバル長 [sec]

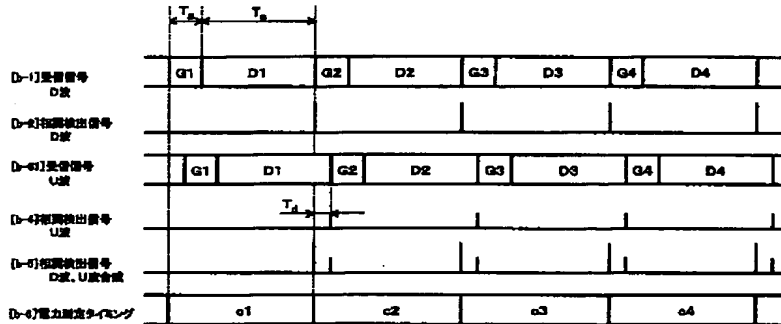
【図2】



【図8】

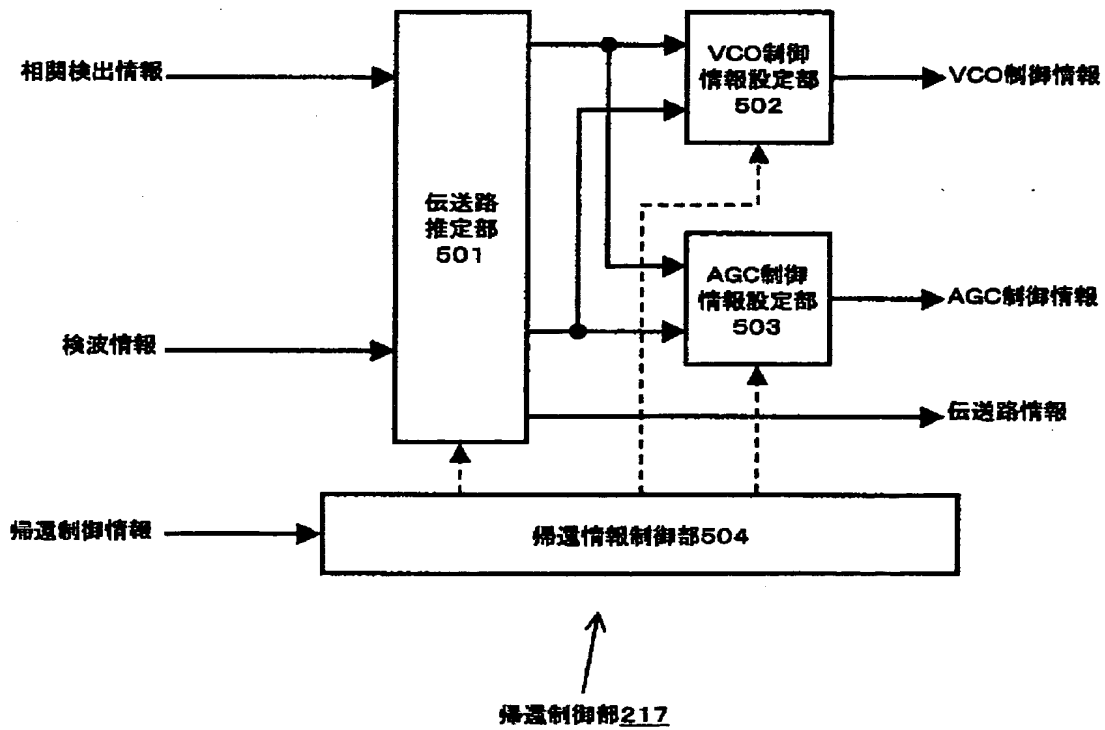


【図5】

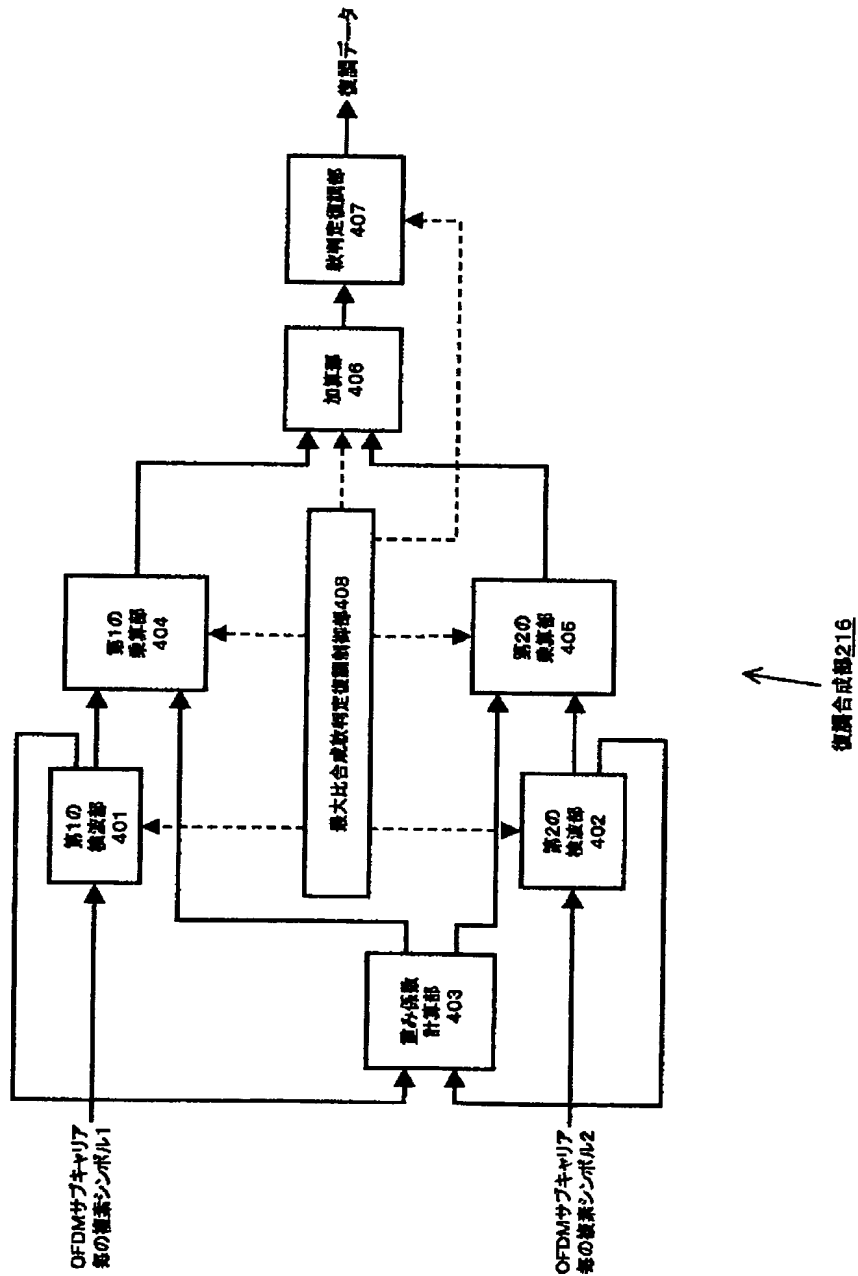


D_n : OFDMシンボル ($n=1, 2, \dots$)
 G_n : ガードインターバル ($n=1, 2, \dots$)
 T_g : OFDMシンボル1周期[sec]
 T_s : ガードインターバル1長[sec]
 T_d : U波のD波に対する遅延時間[sec]

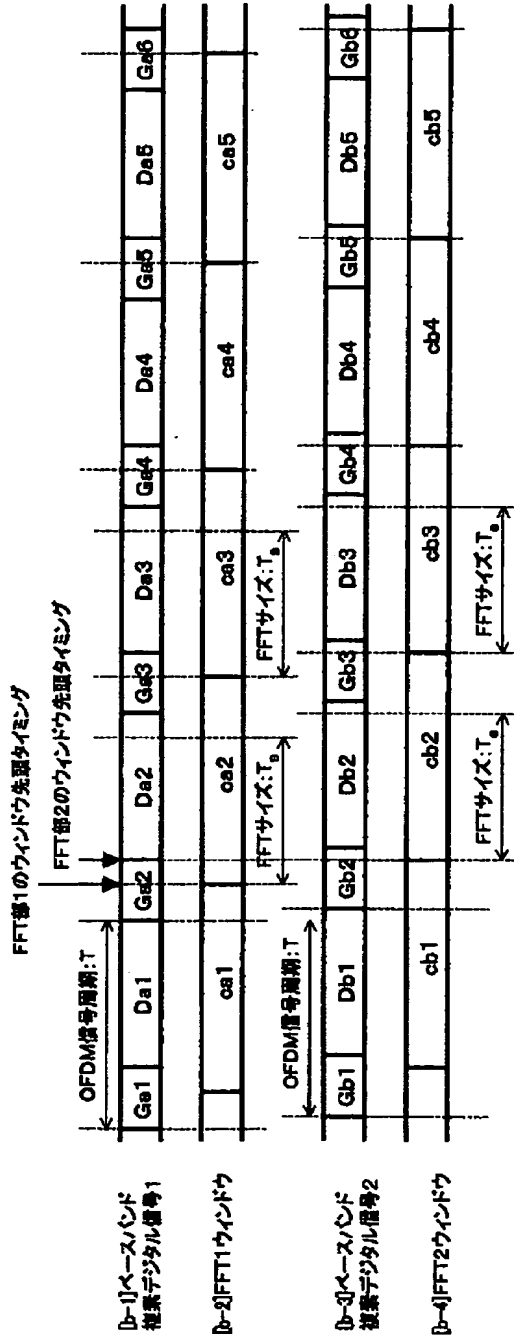
【図7】



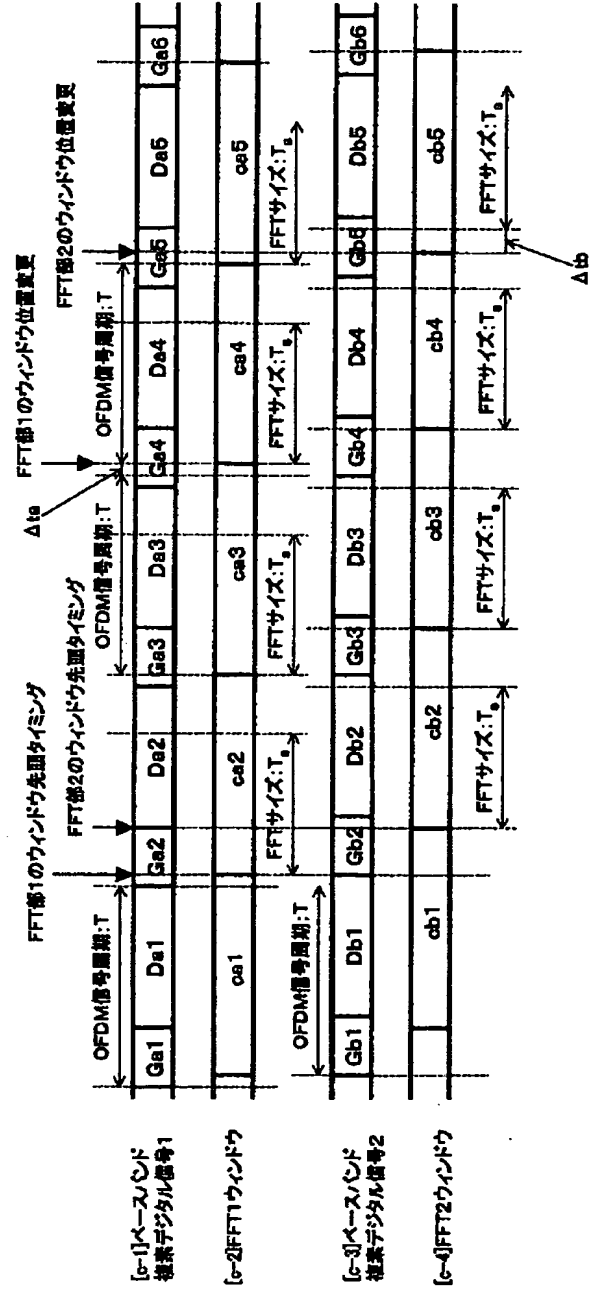
【図6】



【図9】



【図10】



【図11】

